

## OTRZYMYWANIE I WŁAŚCIWOŚCI ZWIĄZKÓW KOMPLEKSOWYCH

### Obowiązujące zagadnienia:

Chemia koordynacyjna - budowa strukturalna i nazewnictwo prostych związków kompleksowych, atom centralny, ligandy, liczba koordynacyjna, kompleksy obojętne i jony kompleksowe (podział, przykłady), akwakompleksy, hydroksokompleksy, aminakompleksy, atomy donorowe i akceptorowe, wiązanie koordynacyjne, trwałość związków kompleksowych, stopień utlenienia atomu centralnego.

### Zadania do wykonania:

Wykonanie ćwiczeń 1-8, zanotowanie obserwacji i wniosków płynących z doświadczeń, zapisanie równań reakcji zachodzących w ćwiczeniach, odpowiedź na zadane w opisie ćwiczeń pytania.

### Wykonanie ćwiczenia:

#### 1. Otrzymywanie prostych kompleksów - przykład kompleksu anionowego.

**Odczynniki:** 0,5M azotan (V) bizmutu (III), 0,5M jodek potasu

**Sprzęt:** suche probówki, pipety, wkrapłacz, statyw na probówki

Do probówki zawierającej ok. 1 ml 0,5M roztworu **azotanu (V) bizmutu (III)** dodawać kroplami 0,5M roztworu **jodku potasu**, aż do wytrącenia się ciemnobrunatnego osadu jodku bizmutu (III). Osad ten rozpuścić poprzez dalsze dodawanie (kilka kropli) roztworu jodku potasu.

Zanotować dokonane obserwacje. Czym spowodowane jest zabarwienie otrzymanego roztworu? Który z jonów wprowadzonych do roztworu jest jonem kompleksotwórczym? Który z jonów jest ligandem? Ułożyć cząsteczkowe i jonowe równania poszczególnych reakcji. Podać równanie dysocjacji elektrolitycznej otrzymanego związku kompleksowego.

## 2. Otrzymywanie prostych kompleksów - przykład kompleksu kationowego.

**Odczynniki:** 0,5M siarczan (VI) miedzi (II), amoniak, alkohol etylowy

**Sprzęt:** suche probówki, suche pipety, wkraplacz, statyw na probówki

Do probówki zawierającej 1 ml 0,5M roztworu **siarczanu (VI) miedzi (II)** dodawać kroplami roztwór **amoniaku** (stężony amoniak rozcieńczyć wodą w stosunku 1 : 4) do całkowitego rozpuszczenia wytrącającego się początkowo osadu zasadowej soli miedzi. Zwrócić uwagę na zabarwienie otrzymanego roztworu, spowodowane powstaniem kompleksowego związku miedzi. Do roztworu dodać taką samą objętość **alkoholu etylowego**, który powinien strącić osad siarczanu (VI) tetraaminamiedzi (II). Osad ten jest trudno rozpuszczalny w mieszaninie etanolu z wodą.

Zapisać dokonane obserwacje. Zapisać równania reakcji zachodzące w ćwiczeniu.

## 3. Akwakompleksy.

**Odczynniki:** sole:  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CoSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ , woda destylowana

**Sprzęt:** 3 tygielki porcelanowe, statyw, trójnóg, trójkąt kaolinowy, palnik, 3 suche probówki, pipeta, bagietka, statyw na probówki

W trzech tygielkach porcelanowych umieścić po ok. 50 mg uwodnionych soli:  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$  oraz  $\text{CoSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ . Wyprażyć sole w płomieniu palnika. Zaobserwować zmiany zabarwienia substancji w tygielku pod wpływem temperatury. Po oziębieniu zawartości tygielków, przenieść ich zawartość do trzech suchych probówek. Do każdej probówki dodać po 2 ml wody i zamieszać. Zanotować barwy otrzymanych akwakompleksów.

Porównać barwy uzyskanych roztworów (akwakompleksów) z barwami odpowiednich soli bezwodnych i stałych hydratów. Zestawić dane w tabeli, podać wzory stałych soli i akwakompleksów przyjmując, że liczba koordynacji jonów centralnych wynosi 6. Zapisać równania reakcji zachodzące po rozpuszczeniu bezwodnych soli w wodzie.

### **Tabela obserwacji**

Lp.	stały hydrat	sól bezwodna	akwakompleks (roztwór)
1	wzór/barwa	wzór/barwa	wzór/barwa
2	wzór/barwa	wzór/barwa	wzór/barwa
3	wzór/barwa	wzór/barwa	wzór/barwa

#### **4. Akwakompleksy II – atrament sympatyczny.**

**Odczynniki:** 0,1M chlorek kobaltu (II), nasycony roztwór tiocyjanianu amonu

**Sprzęt:** cienki pręcik szlany lub zapalka, bibuła filtracyjna, statyw, trójnóg, siatka ceramiczna, palnik

Cienkim pręcikiem szklanym lub zaostrzoną zapalką zwilżoną w 0,1M roztworze **chlorku kobaltu (II)** napisać jakikolwiek napis na bibule filtracyjnej. Bibulę wysuszyć, a następnie lekko ogrzać nad siatką azbestową. Obejrzeć napis, a następnie zwrócić uwagę na stopniowe odbarwienie się napisu po ostygnięciu bibuły lub skierowanie na nią oddechu.

Zanotować i umotywić dokonane obserwacje. Wyjaśnić zasadę działania tzw. atramentu sympatycznego. Zapisać równania reakcji zachodzące w ćwiczeniu.

#### **5. Związki kompleksowe w reakcjach wymiany. Reakcja pomiędzy tetra(tiocyjaniano)rtęcianem (II) amonu a solą kobaltu (II).**

**Odczynniki:** 1M azotan (V) rtęci (II), nasycony roztwór tiocyjanianu amonu, roztwór azotanu (V) kobaltu (II)

**Sprzęt:** suche probówki, suche pipety, statyw na probówki

Sporządzić roztwór tetra(tiocyjaniano)rtęcianu (II) amonu. W tym celu do probówki wprowadzić 1 ml 1 molowego roztworu **azotanu (V) rtęci (II)** i dodać nasyconego roztworu **tiocyjanianu amonu** aż do momentu całkowitego rozpuszczenia wytrącającego się początkowo osadu soli rtęci. Do drugiej probówki wprowadzić ok. 1 ml roztworu **azotanu (V) kobaltu (II)**, a następnie dodać taką samą objętość otrzymanego roztworu tetra(tiocyjaniano)rtęcianu (II) amonu. W celu przyspieszenia tworzenia się osadu wstrząsać lekko probówką. Zwrócić uwagę na zabarwienie tworzącego się osadu tetra(tiocyjaniano)rtęcianu (II) kobaltu (II).

Podać równania reakcji:

- tworzenia się tiocyjanianu rtęci (II),
- działania nadmiaru tiocyjanianu amonu na osad tiocyjanianu rtęci (II).

Należy wziąć pod uwagę, że otrzymuje się sól kompleksową, w której liczba koordynacyjna jonu rtęci (II) jest równa 4.

- cząsteczkowe i jonowe równania reakcji tworzenia się tetra(tiocyjaniano)rtęcianu (II) kobaltu (II).

## 6. Reakcje utleniania i redukcji wewnątrz kompleksów.

**Odczynniki:** stężony kwas azotowy (V), 0,5N heksacyjanożelazian (II) potasu, 0,5N heksacyjanożelazian (III) potasu, 0,5M azotan (V) srebra

**Sprzęt:** suche probówki, suche pipety, bagietka, statyw na probówki

### **Utlenianie heksacyjanożelazianu (II) srebra.**

Do jednej probówki wprowadzić ok. 1 ml 0,5N roztworu **heksacyjanożelazianu (II) potasu**  $K_4[Fe(CN)_6]$ , a do drugiej taką samą objętość **heksacyjanożelazianu (III) potasu**  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Do obu probówek dodać po ok. 1 ml 0,5 M roztworu **azotanu (V) srebra**. Zwrócić uwagę na zabarwienie wytrąconych osadów. Do białego osadu heksacyjanożelazianu (II) srebra dodać, mieszając bagietką, 1 ml stężonego kwasu azotowego (V). Jak się zmienia barwa osadu?

Podać równania reakcji zachodzących w obu probówkach. W jaki związek przechodzi heksacyjanożelazian (II) srebra pod działaniem kwasu azotowego (V)? Wskazać, który z reagentów jest reduktorem, a który utleniaczem w tej reakcji. Zapisać równania reakcji zachodzące w ćwiczeniu.

## 7. Amoniak jako ligand.

**Odczynniki:** 0,5M sole niklu (II), miedzi (II), cynku, glinu, 2M  $NH_3$ , stężony  $NH_3$ , 2M kwas azotowy (V), 6M kwas azotowy (V)

**Sprzęt:** suche probówki, suche pipety, wkraplacz, statyw na probówki, papierek uniwersalny

**Uwaga! Ćwiczenie wykonywać pod dygestorium!**

Do 4 probówek wlać około 0,5 ml 0,5M roztworów soli: **niklu (II)**, **miedzi (II)**, **cynku** i **glinu**. Do wszystkich probówek dodawać kroplami 2 molowego roztworu **amonianu** aż do uzyskania odczynu słabo zasadowego. Zanotować obserwacje i dalej dodawać do probówek kroplami **stężonego amoniaku** (około 1-2 ml). Do probówek, w których osad rozpuścił się, dodawać rozcieńczony 2 molowy **kwas azotowy (V)** do momentu wytrącenia osadu, a następnie 6 molowy **kwas azotowy (V)** aż do rozpuszczenia osadów.

Podać zabarwienia, wzory oraz nazwy otrzymanych związków. Zaznaczyć, które związki są w postaci osadu. Dane zestawić w tabeli obserwacji.

**Uwaga!** Liczba koordynacji w aminakompleksie Cu (II) wynosi 4, a w pozostałych 6.

**Tabela.**

roztwór	NH <sub>3</sub>		HNO <sub>3</sub>	
	mała ilość	nadmiar	mała ilość	nadmiar
Cu <sup>2+</sup>				
Ni <sup>2+</sup>				
Zn <sup>2+</sup>				
Al <sup>3+</sup>				

Podać, które z badanych jonów metali tworzą w tych warunkach aminakompleksy? Napisać równania reakcji zachodzące po dodaniu do probówek amoniaku (małej ilości i nadmiaru) oraz nadmiaru kwasu azotowego (V).

### **8. Anion wodorotlenowy jako ligand.**

**Odczynniki:** 0,5M sole niklu (II), kobaltu (II), cynku, glinu i chromu (III), 2M NaOH, 6M NaOH, 2M kwas azotowy (V), 6M kwas azotowy (V)

**Sprzęt:** suche probówki, suche pipety, wkraplacz, statyw na probówki

Do 5 probówek wlać po kilka kropeł 0,5 molowych roztworów soli: **niklu (II), kobaltu (II), cynku, glinu i chromu (III)**. Do wszystkich probówek dodawać kroplami 2 molowego roztworu **wodorotlenku sodu** aż do wytrącenia się osadu. Następnie zdekantować osady (tzn. delikatnie zlać roztwór z nad osadu) i dodawać do nich kroplami 6 molowy roztwór **NaOH**. Zwrócić uwagę na fakt, że część osadów uległa rozpuszczeniu, a część nie. Do probówek, w których osad rozpuścił się, dodawać rozcieńczony 2 molowy **kwas azotowy (V)** do momentu powstania osadu (do odczynu zasadowego roztworu). W kolejnym etapie do wszystkich pięciu probówek z osadami dodać 6 molowy **kwas azotowy (V)** aż do rozpuszczenia osadu.

Napisać wzory i zabarwienia powstających kolejno związków (przyjmując liczbę koordynacji = 4). Napisać, które z badanych jonów metali tworzą jony hydroksokompleksowe oraz które z nich wykazują właściwości amfoteryczne? Podać nazwy poznanych hydroksokompleksów. Napisać równania reakcji zachodzących w doświadczeniu, tj. odpowiednio po dodaniu małej ilości zasady oraz jej nadmiaru. Podobnie zapisać równania reakcji zachodzących po dodaniu kwasu azotowego (V) - małej ilości oraz nadmiaru.

## **Literatura:**

- [1] A. Bielański, „Podstawy chemii nieorganicznej”, PWN, Warszawa, 2010
- [2] L. Pajdowski, „Chemia ogólna”, PWN, Warszawa, 1997
- [3] Praca zbiorowa pod redakcją prof. dr hab. Justyna Ochockiego, „Ćwiczenia z chemii ogólnej z elementami chemii nieorganicznej i bioinorganiczej”, Skrypt dla studentów I-go roku Wydziału Farmaceutycznego Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego, Łódź, 2010
- [4] R. Bregier-Jarzębowska, R. Jastrząb, L. Łomozik, A. Gąsowska, „Podstawy chemii ogólnej ćwiczenia laboratoryjne”, Poznań 2004
- [5] W. Trzebiatowski, „Chemia nieorganiczna”, PWN, Warszawa, 1978
- [6] Praca zbiorowa pod redakcją A. Rokosza, „Ćwiczenia laboratoryjne z chemii ogólnej i nieorganicznej”, PWN, Warszawa, 1974
- [7] M. Cieślak-Golonka, J. Starosta, M. Wasielewski, „Wstęp do chemii koordynacyjnej” Wydawnictwo Naukowe PWN, 2014